

TARTU ÜLIKOOL

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Füüsika instituut

Viljar Pihlapuu

Nüüdisfüüsika kajastumine eri maade koolifüüsika ainekavades

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Henn Voolaid, füüsika-matemaatikateaduste kandidaat

Tartu 2012

Sisukord

Sisukord	2
Sissejuhatus	3
1. Uurimistöö korraldamisest	4
2. Õppekavade üldiseloostus riikide lõikes	6
2.1 Eesti	6
2.2 Läti	6
2.3 Soome	7
2.4 Rootsi	8
2.5 Inglismaa	9
2.6 USA	10
2.7 Austraalia	11
3. Nüüdisfüüsika kajastumine eri maade ainekavades	12
3.1 Eesti	12
3.2 Läti	14
3.3 Soome	16
3.4 Rootsi	17
3.5 Inglismaa	20
3.6 USA	22
3.7 Austraalia	24
4. Küsitlus ja selle tulemused	28
4.1 Küsitluse tulemused ja analüüs	28
5. Järeldused	35
Kokkuvõte	37
Kasutatud kirjandus	38
Modern physics in higher secondary schools	40
Lisad. Lisa 1. Küsimustik	41

Sissejuhatus

Nüüdisfüüsika mõju Eesti rahvastiku maailmatunnetusele ja sellest arusaamisele. Teadmised, mis tänapäeval on enamikule elementaarsed, olid 50 – 100 aastat tagasi teada vaid üksikutele. Uued teadmised meid ümbritsevast loodusest jõuavad massideni siis, kui neid õpetatakse võimalikult paljudele. See tähendab, et kui me tahame muuta rahvastiku üldist teadmist meid ümbritsevast, tuleb seda teha põhikoolis ja gümnaasiumis. Võõraid termineid ja nähtusi, mis on raskesti ettekujutatavad ning mis eeldavad hulgaliselt eelteadmisi, on otstarbekas õpetada just keskastmes. Seepärast on oluline, et gümnaasiumi füüsikakursused sisaldaksid ka nüüdisfüüsikat, mis annab infot viimastest teaduslikest saavutustest ning aimu tänapäevase füüsikalise maailmapildist.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on võrrelda nüüdisfüüsika mõistete kajastumist teatud riikide gümnaasiumifüüsika ainekavades. Kuna Eesti gümnaasiumifüüsika ainekavas on küllalt palju nüüdisfüüsika mõisteid ning uus gümnaasiumi riiklik õppekava kehtestati 2011. aastal, vaadeldakse töös, kas teistes riikides on nüüdisfüüsikat sama palju, rohkem või vähem. Riigid, mille ainekavasid vaadeldi, on meie naaberriigid Läti, Soome ja Rootsi ning suured teadusriigid USA, Inglismaa ja Austraalia.

Peamisteks uurimisküsimusteks on: kui palju nüüdisfüüsikat leiab teiste maade ainekavades ning milliseid teemasid kajastatakse. Ühtlasi peaks selguma, kui palju nüüdisfüüsikat on ainekavades kohustuslik, kui palju vabatahtlik.

Käesolev uurimus koosneb viiest peatükist. Esimene peatükk kirjeldab uurimistöö korraldamist, teine peatükk annab ülevaate riikide õppekavadest üldjoontes. Teises peatükis kirjeldatakse, mille alusel ning mis aineid õpetatakse ja kas füüsika on gümnaasiumis kohustuslik aine. Järgnev peatükk kirjeldab füüsika ainekavasid täpsemalt ning seejärel keskendub konkreetset nüüdisfüüsika mõistetele ainekavades. Ainekavade uurimise kõrval viidi läbi küsitlus, saamaks teada, kuivõrd nüüdisfüüsikat koolides tegelikult kajastatakse. Sellele järgneb järelduste peatükk. Küsimustik on ära toodud Lisas.

1. Uurimistöö korraldamisest

Antiikajal tähistas sõna „füüsika“ kogu tolleaegset loodusteadust (loodusfilosoofiat). Kui hilisemate seletuste järgi on füüsika teadus, mis uurib aine ja energia omadusi ning nende omavahelisi seoseid, siis nüüdisfüüsika kohta võiks öelda, et see on teadus, mis uurib aine ja energia omadusi ning nende seoseid, arvestades relatiivsusteooriat ja kvantmehaanikat. Tänapäevase arusaamise füüsikast tingisid mitmed fundamentaalsed teooriad 20. sajandi alguses eesotsas Plancki, Einsteini, Bohri, Heisenbergi ja Schrödingeri käsitlustega.

World English Dictionary defineerib nüüdisfüüsikat kui 20. sajandil tekkinud füüsikateooriate kogumit, mis baseerub kvantmehaanikal ja relatiivsusteoorial, sisaldades aatomi-, tuuma-, osakeste- ja tahkisefüüsikat. Nüüdisfüüsika nähtused ilmnevad tihti ekstreemsetel tingimustel. Kvantmehaanika nähtused ilmnevad eelkõige väga madalatel temperatuuridel või väikestel mõõtmistel. Relativislik füüsika ilmneb aga just suurtel kiirustel või vahemaadel.

Käesolevas töös vaadeldakse nüüdisfüüsikast järgmisi teemasid:

- aatomifüüsika ja kvantmehaanika;
- tuumafüüsika ja elementarosakeste füüsika;
- kiirgused;
- relatiivsusteooria.

Uurimistöös võeti vaatluse alla Eesti, Läti, Soome, Rootsi, USA, Inglismaa ja Austraalia üldkeskharidust pakkuvate koolide ehk gümnaasiumide ja keskkoolide ainekavad. Eesti põhikooli ja gümnaasiumiseaduse¹ kohaselt on gümnaasium põhikoolile järgnev üldhariduskool, mis loob võimalused üldkeskhariduse omandamiseks. Et selle kooliastme nimetus (töös tinglikult nimetatud ka gümnaasiumiastmeks) ning klasside süsteem on riigiti erinev, on otstarbekas rääkida õpilastest vanuses 16-19. Kõigis vaadeldud riikides on üldkeskhariduse omandamine vabatahtlik.

Riiklikes **õppekavades** esitatakse õppe-eesmärgid, oodatavad õpitulemused, hindamise tingimused ja kord ning nõuded õppekeskkonnale, õppe ja kasvatuse korraldusele, kooli lõpetamisele ja kooli õppekavale. Õppekava koosneb muuhulgas ainekavadest. **Ainekavades** esitatakse õppe-eesmärgid, õppetegevus, õppesisu ja nõutavad õpitulemused (ainepädevus) kooliastmeti.¹

Et kõikides maades ei ole riiklikult kehtestatud õppekava, saame rääkida ka **standarditest** – normdokumentidest, milles tuuakse juhtnöörid tegevuste või nende tulemuste kasutamiseks. Standardid on reeglina seatud riigi, osariigi/piirkonna poolt. Riikliku õppekava või seatud standardi alusel koostab kool õppekava, mis on koolis õpingute alusdokument.

Seega on käesoleva töö aluseks konkreetsed dokumendid kui mingi instantsi seatud normid ning neis sisalduvad ainekavad. Et Eesti kõrval on teisedki riigid muutnud õppekavasid/standardeid viimastel aastatel või ollakse minemas seda teed, oleks ajakohane analüüsida, kuidas kajastatakse füüsikakursustes nüüdisfüüsikat. Nüüdisaegsele füüsikale tuginev füüsikaalaste teadmiste süsteem on kahtlemata füüsika kui täppisteaduse oluline üldeesmärk².

Ainult ainekavade põhjal ei ole võimalik uurida seda, mida tegelikult tunnis õpetatakse ning mis võib olla ainekavades kirjeldatud mõistete taga täpsemalt. Sellele seab omad piirangud bakalaureusetöö mahupiir ning ka erinevate riikide ainekavade detailsusaste. Et siiski avada tegelikult õpetatavate nüüdisfüüsika mõistete kajastamist, viidi füüsikaõpetajate seas läbi küsitlus, mille eesmärgiks oli välja selgitada, mida nüüdisfüüsikast koolides õpetatakse.

Töö põhineb tulenevalt uurimistöö teemast eelkõige internetimaterjalidel ning vähemal määral teadusartiklitel.

2. Õppekavade üldiseloostus riikide lõikes

2.1 Eesti

Eesti gümnaasiumi riiklik õppekava on vastu võetud 06.01.2011 Vabariigi Valitsuse määrusega nr 2. Riikliku õppekava alusel koostavad õppeasutused oma õppekava, arvestades riikliku õppekavaga seotud piiranguid. Kooli õppe- ja kasvatustegevus ning kooli õppekava tuleb viia riikliku õppekavaga kooskõlla hiljemalt 1. septembriks 2013. aastal.³ Varasem õppekava oli vastu võetud 2002. aastal.

Eesti riiklik õppekava koosneb üldosast, ainekavadest ja läbivatest teemadest. Õppekavas on järgmised ainevaldkonnad: keel ja kirjandus, võõrkeeled, matemaatika, loodusained, sotsiaalsed, kunstiained, kehaline kasvatus. Füüsika kuulub viie kohustusliku ning kahe valikkursusega loodusainete valdkonda.³

Õpilase minimaalne õppekoormus gümnaasiumi jooksul on 96 kursust (1 kursus on 35 õppetundi). Kool tagab oma õppekavaga eestikeelse õppe vähemalt 57 kursuse ehk 60% ulatuses gümnaasiumiastmele kehtestatud väikseimast lubatud õppemahust.⁵ Kokku on kohustuslike kursuste arv riiklikus õppekavas 63 (seninse 72 asemel), mis võimaldab suuremal määral rakendada valikkursusi. Kool peab õpetama erinevatest ainevaldkondadest tulenevaid valikkursusi (loodusainete valikkursusi on kokku 7 + 6 interdistsiplinaarset), aga võib kohustuslike valikute seas õpetada ka enda poolt kirjeldatud valikkursuseid. Loodusainetest peab gümnaasium pakkuma vähemalt 8 kursust.⁴ Kooli töö korraldamiseks on otstarbekas õpilasele pakutavad valikkursused koondada õppesuundadeks, mille seast õpilane valib ühe. Gümnaasium peab võimaldama õpet vähemalt kolmes õppesuunas. Riiklik õppekava loob tingimused õppesuunale.⁵

2.2 Läti

Lätis pakuvad üldkeskharidust keskkoolid (*vidusskolas*), gümnaasiumid (*gimnazijas*) ja õhtukoolid (*vakara vidusskola*). Riiklik õppekava on määratletud teatud õigusaktidega, mis kirjeldavad riiklikult tunnustatud haridusideoloogiat ja õppe-eesmärke, kohustuslikke õpikogemusi ning õppe korraldamise ja hindamise põhimõtteid. Lätis on seda tehtud põhi-

ja keskkooli puhul eraldi dokumentide, niinimetatud standardite ja juhtnööridega.⁶ Üldkeskhariduse õppekava on kehtestatud 02.09.2008 ministri määrusega nr 715.⁷

Õppestandard on meie mõistes ainekava, milles on välja toodud õppeaine eesmärk ja ülesanded ning seda selgitavad näidisainekavad.⁶ Kui üldstandardid on avaldatud valitsuse määrusena, siis õppestandardid ei ole ise õigusaktid. Näidisainekavad ei ole õpetajale siduvad, kuid kuna nende täpsusaste ulatub temaatilisest plaanist õppetunni täpsusega tööplaanini, saab õpetaja neid kasutada töökavana.

Läti koolid pakuvad nelja haridusprogrammi (haridussuunda):

1. üldine keskharidus (ilma intensiivõppeta ühelgi õppeainel eraldi);
2. humanitaar- ja sotsiaalsuunitlusega programm;
3. matemaatika ja loodus- ning tehnikateaduste suunaga programm;
4. kutsehariduse suunaga programm, kus üldise keskhariduse õppekava raames on rõhk mingi kutseala omandamisel.⁸

Kaheksa õppeainet neis haridusprogrammides on kohustuslikud (läti keel ja kirjandus, esimene võõrkeel, teine võõrkeel, matemaatika, ajalugu, kehaline kasvatus, majanduse alused ja arvutiõpetus), lisaks on igal suunal 3-6 kohustuslikku ainet. Neist esimeses ja kolmandas programmis on füüsika kohustusliku ainenä, teistes programmides on koondaine loodusteadus.⁷ Kool võib pakkuda valikaineid, mis võtavad 10-15% õpingute ajast või siis pakkuda süvendatult mõnd kohustuslikku ainet.⁹ Alates 2009/2010. a on olnud plaanis suurendada haridusprogrammide arvu, mis pakuvad füüsikat, keemiat ja bioloogiat kohustusliku ainenä.⁸ Kahjuks puudub autoril info, millised arengud on selles vallas toimunud.

2.3 Soome

Soome viis keskkooli (*lukio*) vanema astme õppekava muudatused sisse 2003. aastal, selle järgi on õpetatud 2005. aastast.¹⁰ Hariduspoliitika elluviimise eest vastutavad Soome Haridusministeerium ja Soome Koolivalitsus, riiklik tuumõppekava on juhtnööriks koolidele õppekava koostamisel. Selle õppekavaga liiguti taas suurema reglementeerituse poole, muutes mõnevõrra olemasolevat valik- ja kohustuslike õppeainete vahekorda.

Keskooli vanema astme õppekava on koostatud kolmeks õppeaastaks, aga õpilased võivad selle vastavalt võimetele ja soovidele läbida ka kahe või nelja aastaga.¹¹ Õppetöö viiakse läbi kursustena, õpilasi klassidesse jagamata: igaks kooliaastaks moodustatakse igas õppeaines õppegrupid vastavalt sellele, millisel tasemel õpilased üht või teist õppeainet soovivad õppida. Kohustuslikke kursusi on 47-51, sellele lisaks peab õpilane valima vähemalt 10 süvaõppekursust ning eraldi on veel rakenduslikud kursused. Näiteks füüsikas on kohustuslike kursuste arv üks, aga õpilane võib soovi korral valida endale lisaks koguni seitse süvaõppe füüsikakursust. Ülejäänud kursused valib õpilane kooli poolt pakutavate vabaainete hulgast. Minimaalselt tuleb läbida 75 kursust (1 kursus on 38 õppetundi).¹²

Üldse on Soomes järgnevad ainevaldkonnad: emakeel ja kirjandus, keeled, matemaatika, keskkonna- ja loodusteadused (sh füüsika), religioon või eetika, filosoofia, psühholoogia, ajalugu, sotsiaalteadused, kunst ja kehaline kasvatus, terviseõpetus, haridus- ja kutsenõustamine.¹²

Kuna ainult 2/3 õppekavast on kohustuslik, peavad õpilased ise koostama oma programmi. Seega saavad nad vastavalt huvidele valida, milliseid aineid, millises mahus ja raskusastmes nad omandavad. Taoline klassideta õpe on sarnane USA-s kasutusel oleva süsteemiga selle vahega, et kohustuslike kursuste osakaal on Soomes suurem.

2.4 Rootsi

Rootsis pakub vanema astme keskkooliharidust *Gymnasieskola*. Keskkooliharidus on organiseeritud õppeprogrammidenä kolmeks aastaks. Alates 01.07.2011 sisseastunutele on kehtestatud uus õppekava 12 kutsehariduse programmi ja 6 kõrghariduseks ettevalmistava programmiga. Iga programm kestab kolm aastat ning koosneb põhiainetest, programispetsiifilistest ainetest, erikursustest ning diplomitööst.¹³

Iga riiklik programm hõlmab:

- 9 põhiainet – inglise keel, ajalugu, kehaline kasvatus, matemaatika, loodusteadus, ühiskonnaõpetus, rootsi keel/rootsi keel teise keelena, usundiõpetus. Konkreetselt Loodusteaduse programmis (*Natural science programme*) on üldaine loodusteadus asendatud programispetsiifiliste ainetega: bioloogia, keemia ja füüsika, lisaks õpetatakse programmi raames matemaatikat. Loodusteadus on asendatud

programmispetsiifiliste ainetega ka Tehnoloogiaprogrammis (*Technology programme*);

- teatud arv aineid, mis on omased konkreetsele programmile;
- diplomitöö projekt;
- töökohapõhine õpe kutsehariduse puhul.¹³

Ained on jagatud kursusteks ning hindeid jagatakse ainekursuse lõpus. 1 punkt on üldjuhul võrdne 60-minutilise õppetunniga. Alates 2000. aastast on iga kursus 50, 100 või 150 punkti ning õpilane võib teha enesele sobiva valiku.¹⁴ Keskkoolitunnistuse saamiseks tuleb koguda 2500 ainepunkti, neist põhiainetest 750 punkti (sh loodusteadus 50), programmispetsiifiliste ainete eest 1450 punkti ning valikainete eest 300 punkti.¹⁵

2.5 Inglismaa

Inglismaa haridussüsteemi iseloomustab detsentraliseeritus. Vastutus erinevate aspektide eest on jagatud keskvalitsuse, kohalike omavalitsuste, kirikute ja vabatahtlike haridusasutuste vahel. Üleüldine vastutus hariduspoliitika eest lasub riigisekretäril. Riiklik õppekava kehtib kõikidele kohustuslikus koolieas (16. eluaastani) olevatele õpilastele ning õppetöö on korraldatud neljas õppeperioodis (*key stages 1-4*). Kooli juhtkond peab iga aasta tegema ülevaate selle kohta, milline on õppekava sisu, kuidas see on esitatud erinevates vanusegruppides ning õppeperioodidel ning kuidas seda õpetatakse.¹⁶

Keskhariduse kahte viimast aastat nimetatakse *sixth formiks* (ka *key stage 5*, klassid 12-13, õpilased vanuses 16-19) ning seda saab omandada paljude keskkoolide juures. Lisaks on loodud eraldi asutused keskkoolihariduse omandamiseks (*sixth form colleges'id* ja *further education institutions'id*).¹⁷ Selle taseme õpilased saavad võtta kas kutseõppe või akadeemilise õppe kursusi (või kombineeritult) ning selle kooliastme õppekava sõltubki õpilaste kursuste ja riiklike eksamite valikust.¹⁶

A tasemel (*A level*) läbitud kursused on eelduseks kõrgkooli astumisel, aga ka tööturule sisenemisel. A tase koosneb omakorda AS (võetakse esimesel aastal) ning A2 (võetakse teisel aastal) tasemel kursustest, millest mõlemad annavad 50% A taseme hindest. Esimese aasta lõpus sooritatakse vastavalt AS taseme, teise aasta lõpus aga A2 taseme eksamid. A2 kursused on mõeldud esimesel aastal õpitu süvendamiseks.¹⁸

Koole iseloomustab lai õppeainete valik (ligi 80 ainet) ning süvendatult saab võtta nii neid aineid, mida põhikoolis omandatud kui ka õppida uusi. Esimesel aastal peab valima vähemalt neli õppeainet, teisel aga vähemalt kolm.¹⁸ Võrreldes Eesti gümnaasiumi ainekavaga õpitakse kokkuvõttes küll vähem õppeaineid, kuid see eest tehakse seda põhjalikumalt.

Statistika kohaselt (Assesement and Qualifications Alliance) on Inglismaal A tasemel füüsikaeksami tegijate arv vähenenud aastatel 1985-2006 koguni 41%. Kui 1985. aastal registreerus eksamile 46 606 õpilast, siis 2006. aastal 27 358 õpilast. Seevastu bioloogiaeksami võtmine on suurenenud 36% ning keemiakursuse võtjate arv on jäänud samaks.¹⁹

2.6 USA

USA keskkoolid jagunevad era- ja riigikeskkoolideks ning võivad olla üles ehitatud kolmel viisil: 4 aastane mudel ehk *high school* (klassid 9-12), 3-3 mudel ehk *junior & senior high schools* (klassid 7-9 ja 10-12) ning 6 aastane mudel ehk *combined junior-senior high schools* (klassid 7-12). Keskkoolitunnistuse saamiseks tuleb USAs läbida keskkooli (9-12. klass, vanuses 14-18) jooksul 18-20 akadeemilist kursust, igal aastal umbes 5-7.²⁰ Iga kooli piirkonnas/osariigis on kohustuslik kursuste seeria, mis tuleb õpilasel keskkooli jooksul läbida. Peaaegu kõigis keskkoolides on kohustuslike ainetena: inglise keel, matemaatika, võõrkeel, kehaline kasvatus, kunsti- ja muusikaõpetus, loodusteadus, sotsiaalteadused.²¹

Keskkooli tasemel ei ole riiklikult kehtestatud õppekava ega keskset asutust, mis tegeleks õppekavade arendamisega. Osariikidel on õigus otsustada, mida ning millises mahus õpetada ning millised nõuded peavad õpilased täitma.²² Enamikes osariikides on mingis vormis osariigi-ülene testimise poliitika, kõrvuti ametlike õppekava dokumentide ning teatud tsentraliseeritud õppestandarditega inglise keele, matemaatika ja loodusteaduse õppimiseks.²³ Näiteks loodusteadustes peaksid keskkooliõpilased (klassid 9-12, vanuses 14-18 aastat) mõistma riikliku standardi järgi teatud mõisteid loodusteadustes (aatomi struktuur, aine struktuur ja omadused, keemilised reaktsioonid).²⁴ Riiklik standard ei ole mõeldud riikliku õppekavana, vaid raamistikuna, mille abil piirkonnad saaksid välja töötada oma õppekava.²⁵

Keskkoolitunnistuse saamiseks vajalike loodusteaduste ainete arv varieerub osariigiti ning mõnel juhul ka osariigi piires. Tüüpiliselt on nõutud kolme loodusteaduse aine läbimine ning valikus on bioloogia, füüsika ja keemia. Ameerika Füüsika Instituudi (AIP, American Institute of Physics) poolt läbi viidud küsitluse tulemusena selgus, et 37% keskkooli lõpetanutest võttis aastatel 2008-2009 vähemalt ühte füüsikakursust.²⁶

Ühtlasi ollakse liikumas selles suunas, et välja arendada riiklik õppekava, millest lähtuksid kõik osariigid. Paraku on USA Haridusministeeriumi sellekohane ettepanek leidnud negatiivse vastukaja, kuna kardetakse, et riiklik õppekava takistab innovatsiooni ning surub õpilaste valiku liiga kitsastesse raamidesse.²⁷

2.7 Austraalia

Austraalias on kehtestatud riiklik õppekava 10. klassini. Kõik koolid pakuvad aineid kaheksas ainevaldkonnas: inglise keel, matemaatika, ühiskonna- ja keskkonnaõpetus, loodusteadus, kunstid, võõrkeeled, tehnoloogia, terviseõpetus ja kehaline kasvatus. Keskkooli tasemel (*high school*, vanuses 15-18) suureneb valitavate õppeainete hulk ning paljud õpilased kasutavad võimalust, et omandada kõrgkooli sisseastumiseks vajalik kvalifikatsioon.²⁸

Kursused on üles ehitatud nii, et 11. klassis pakutakse sissejuhatavat kursust (*preliminary course*) ning 12. klassis HSC (*higher school certificate*) kursust. Keskkoolitunnistuse saamiseks tuleb õpilasel läbida vähemalt 12 sissejuhatavat ning vähemalt 10 HSC kursust. Vanemas astmes on kohustuslik vaid inglise keele ainevaldkond.²⁹

Kavand vanema astme (klassid 11-12) keskkooli inglise keele, matemaatika, loodusteaduste ja ajaloo õppekavale on praegusel hetkel töös ning avaldatakse 2012. aastal. Õppekava väljatöötamise eest vastutab The Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (ACARA).³⁰ Loodav riiklik õppekava on saanud juba kriitika osaliseks ning sellisel kujul kinnitamisele ollakse vastu.³¹ New South Wales'i osariigi (edaspidi NSW) seisukoht on, et uus riiklik õppekava on võrreldes nende 2002. a kinnitatud õppekavaga madalama kvaliteediga. Loodusteaduse ainekavale heidetakse ette liigset teadusajaloole keskendumist, sel ajal kui olulised baasteadmised jäävad tahaplaanile.³²

3. Nüüdisfüüsika kajastumine eri maade ainekavades

3.1 Eesti

Veel 1979. aastal ilmunud teoses „Nüüdisfüüsika põhiküsimusi“ kirjutasid autorid, et klassikalise ja nüüdisfüüsika õpetamine toimub seotult, õpilastele tuleb selgitada, et uute füüsikaliste ideede tekkimine on füüsika pideva arenguprotsessi tulemus ning seepärast tuleb füüsikakursuse traditsioonilisi küsimusi õpetada tänapäeva seisukohtadest lähtudes.³³

2011. a vastu võetud gümnaasiumi riiklikku õppekava ning 2002. a põhikooli ja gümnaasiumi (varasem õppekava oli mõlemale astmele koos) õppekava võrreldes võib tõdeda, et muutused õppekava ülesehituses on olnud üpris suured. Kalev Tarkpea sõnul võib füüsika *uue ainekava kontseptuaalseks selgrooks nimetada lõplikku üleminekut totaalsele riigile vajalikult koolifüüsikalt vaba kodanikuühiskonna füüsikale, mil on toimunud füüsika kui loodusteaduse asetamine pea pealt jalgadele tagasi.*³⁴

Eesti gümnaasiumi füüsikaõpe koosneb viiest kohustuslikust ning kahest soovituslikust kursusest. Teemade järjestus pole enam füüsika valdkondade ajalooline tekkejärjestus (mehaanika, soojus, elekter, optika, aatomifüüsika, kosmoloogia), vaid lähtub kaasaegsest füüsikalisest maailmapildist. Kõigepealt vaadeldakse füüsika olemust, meetodeid, üldmudeleid ja -printsiipe, seejärel kirjeldatakse kehade liikumist ja väljade toimet, füüsika energeetilisi rakendusi ning kõige lõpuks meeleeelunditega vahetult tajumatut mikro- ja megamaailma füüsikat.³⁵

Võrreldes varasemaga on senise kuue kursuse materjal paigutatud nelja kursusesse. Lisandunud on füüsika metodoloogiat terviklikult käsitlev sissejuhatav kursus „Füüsikalise looduskäsitluse alused“. Selle kohustusliku kursuse põhifunktsioon on selgitada, mis füüsika on, mida ta suudab ja mille poolest eristub füüsika teistest loodusteadustest. Kursuses formuleeritakse nüüdisaegse füüsika üldprintsiibid ning konkreetsete loodusnähtuste hilisemal käsitlemisel juhitakse pidevalt õpilaste tähelepanu nimetatud printsiipide ilmnemisele.⁴

Sissejuhatavas kursuses kajastatakse nüüdisfüüsikast:⁴

- absoluutkiirus, absoluutkiiruse printsiip;
- relativistliku füüsika olemus kvalitatiivselt;

- ruumi ja aja relatiivsus;
- massi ja energia samaväärsus, $E=mc^2$;
- kvandid.

Teine kursus „Mehaanika“ avab mehaaniliste mudelite keskse rolli loodusnähtuste kirjeldamisel ja seletamisel. Kuna kogu nüüdisaegses füüsikas domineerib vajadus arvestada aine ja välja erisusi, käsitleb kolmas kursus „Elektromagnetism“ elektromagnetvälja näitel väljade kirjeldamise põhivõtteid ning olulisemaid elektrilisi ja optilisi nähtusi.⁴

Elektromagnetismi kursuses kajastatakse nüüdisfüüsikast:⁴

- valguse dualism;
- footonid, footoni energia;
- soojuskiirgus ja luminestsents.

Neljas kursus „Energia“ vaatleb keskkonda energeetilisest aspektist. Käsitletakse alalis- ja vahelduvvoolu ning soojusnähtusi, ent ka mehaanilise energia, soojusenergia, elektrienergia, valgusenergia ja tuumaenergia omavahelisi muundumisi. Viiendas kohustuslikus kursuses „Mikro- ja megamaailma füüsika“ vaadeldakse füüsikalisi seaduspärasusi ning protsesse mastaapides, mis erinevad inimese karakteristikust mõõtmest (1 m) rohkem kui miljon korda. Mikro- ja megamaailma füüsika kursusesse on peamiselt koondatud kogu senine 12. klassi kursuste materjal, kõike vähemolulist paratamatult välja jättes. Kursuses kajastatakse nüüdisfüüsikast:⁴

- fotoefekt;
- fotorakk;
- kvantmehaanika olemus;
- määramatusseos;
- dualismiprintsiip, osakeste leiulained;
- elektronide difraktsioon;
- kvantarvud;
- seoseenergia, massiarv;

- massidefekt;
- tuuma- ja ahelreaktsioon;
- termotuumareaktsioon;
- radioaktiivsus, radioaktiivse lagunemise seadus;
- radioaktiivse süsiniku meetod;
- tuumaenergeetika;
- ioniseeriv kiirgus ja selle mõjud.

Kahe viimase kursuse läbimise omavaheline järjekord on jäetud õpetaja otsustada, kuna kaalukaid argumente võib esitada nii ühe kui ka teise järjestuse poolt.⁴ Füüsika ajalugu ning eesti füüsikute saavutused aga ainekava õpitulemustes ei kajastu. Ainsaks erandiks on „Megamaailma“ kursuses Eesti astronoomide panus astrofüüsikasse ja kosmoloogiasse.

Lisaks viiele kohustuslikule kursusele on kaks valikkursust: „Füüsika ja tehnika“ (laiendab teadmisi kohustusliku „Energia“ kursuse temaatikas) ning „Teistsugune füüsika“ („Mikro- ja megamaailma füüsika“ süvendav kursus).⁴ Mõlemad valikkursused sisaldavad 15 moodulit, igaüks mahuga 3–6 õppetundi. Nende hulgast valib õpetaja kuni kaheksa moodulit. Kuna valikkursuste välishindamist ei toimu, ei ole ainekavas valikkursuste osas ära toodud ka konkreetseid õpitulemusi.³⁴

3.2 Läti

Füüsika on kohustuslik vaid kahel õppesuunal: üldine keskharidus ja matemaatika, loodus- ning tehnikateaduste suunaga programm. Juhul, kui valitakse humanitaar- ja sotsiaalsuunitlusega programm või kutsehariduse suunaga programm, läbivad õpilased koondaine loodusteadus.⁷

Läti õppestandardis (meie mõistes ainekava) on loodusainetel (füüsika, keemia, bioloogia, loodusteadus) järgmine kohustuslik õppesisu: „Loodus ja tehnika“ (*Nature and Technology*), „Teadusliku uurimise meetodid“ (*Scientific Enquiry*), „Inimeste, ühis- ja keskkonna seoste teaduslik käsitus“ (*Scientific Aspects of Human, Society and Environment Interaction*).³⁶ Siingi on välja toodud nii õppe-eesmärgid, kohustuslike teemade kirjeldus kui õpitulemused. Lisaks on olemas füüsika nädisainekava 10.-12.

klassile, mis on vormistatud nii üksikasjalikult, et õpetaja võib seda võtta kui tööplaani. Näiteks on protsentuaalselt välja toodud, millises mahus teatud teemat konkreetses klassis käsitletakse, detailsed õpiväljundid õppestandardi täitmiseks, vajalikud laboriseadmed jms katsete läbiviimiseks, seotus teiste loodusainete ning matemaatikaga.³⁷

Füüsika õppestandardis on ära märgitud järgmised nüüdisfüüsika teemad:⁷

- footonid, footoni energia;
- valguse kiirgumine ja neeldumine ($hf = E_k - E_n$);
- massi ja energia samaväärsus;
- fotoefekt;
- fotorakk;
- luminestsens;
- soojuskiirgus;
- musta keha kiirgus;
- kvandi energia;
- radiatsioon;
- radioaktiivne lagunemine, poolestusaeg;
- tuumareaktsioon;
- tuumaenergeetika;
- termotuumareaktsioon;
- ioniseeriv kiirgus, selle mõju inimesele ja keskkonnale;
- alfa-, beeta- ja gammakiirguse registreerimise ja jälgimise meetodid;
- kompuutertomograafia, röntgen ja magnetresonantstomograafia tööpõhimõte ja seadmete ehitus;
- kiiritusravi olemus.

Koondaines loodusteadus nüüdisfüüsika nähtusi ja sellega seonduvaid teooriaid ei käsitleta. Küll aga kirjeldatakse teaduslikke avastusi, leiutisi ja nende mõju ühiskonnale,

elektromagnetkiirguse mõju looduses ja tehnoloogias ning räägitakse füüsika, keemia ja bioloogia olulisusest ja mõjust igapäevases elus.⁷

3.3 Soome

Soome füüsikaõppes on üks kohustuslik kursus: „Füüsika kui loodusteadus“ (*Physics as a natural science: FY1*). Soovi korral võib õpilane valida endale lisaks seitse süvaõppe füüsikakursust: „Soojus“ (*Heat: FY2*), „Lained“ (*Waves: FY3*), „Liikumisseadused“ (*Laws of motion: FY4*), „Pöördliikumine ja gravitatsioon“ (*Rotation and gravitation: FY5*), „Elektriõpetus“ (*Electricity: FY6*), „Elektromagnetism“ (*Electromagnetism: FY7*), „Aine ehitus ja kiirgus“ (*Matter and Radiation: FY8*).¹⁰

Esimeses kursuses räägitakse füüsika erinevatest ajalooetappidest kuni tänapäevani, antakse baasteadmised aine ja universumi ehitusest, räägitakse energia kiirgumisest ja neeldumisest looduses ning tehislises protsessides, antakse baasteadmised liikumisest ja jõududest. Antud kursus on ülevaatlik ning füüsikateooriatesse sügavuti ei tungi. Samuti kajastatakse nüüdisfüüsikat vaid kaudselt.

Järgnevas viies valikkursuses nüüdisfüüsikat ei ole. Tänapäeva füüsikast hakatakse rääkima viimases valikkursuses „Aine ehitus ja kiirgus.“ Antud kursuses käsitletakse järgnevaid nüüdisfüüsika teemasid:¹⁰

- aine- ja laineosakeste dualism;
- massi ja energia samaväärsus;
- kvantarvud;
- röntgenkiirgus;
- musta keha kiirgus;
- fotoefekt;
- radioaktiivsus, radiatsiooniohutus;
- tuumareaktsioon;
- tuumaenergeetika;
- väikseimad mateeriaosakesed ja nende klassifikatsioon.

Kui vaadata Soome õppekava, on näha, et kursuste temaatiline jaotus ning läbitavad teemad on omased klassikalisele füüsikale. On ilmne, et kui nüüdisfüüsikast hakatakse rääkima viimases valikkursuses ning õpikutes on sellele pühendatud viimane peatükk, ei pruugi paljud õpetajad ega õpilased sinnani jõudagi.

Nüüdisaegsele füüsikale omaseid mõisteid kajastub Soome õppekavas üldse vähe. Seda kinnitab ka 2011. aastal läbi viidud läbi huvitav uurimus, mil kosmoloogia professor Kari Enqvist vaatles uusimaid gümnaasiumifüüsika õpikuid ning oli kokkuvõttes üsna kriitiline: õpikud koosnevad tema meelest erinevate ajastute tükikestest, mis on ühendatud teibi ja plaastriga. Erinevalt nüüdisfüüsika taotlusest luua terviklik maailmapilt, olevat raamatutele iseloomulik pigem killustatus ning kasutatakse termineid, mida võiks nimetada pigem ajaloo ballastiks.³⁸

Kuigi Soome riiklik õppekava ning kursuste süsteem on jätnud õpilastele vabad käed kursuste valimisel, on lisaks võimalik võtta kooli poolt pakutavaid valikkursuseid. Näiteks Haukipudase gümnaasium pakub veel omalt poolt kolme kursust (füüsika laborikursus, elektroonika ja füüsika täienduskursus),³⁹ Tapiolani keskkool aga koguni kuut kursust.⁴⁰

3.4 Rootsi

Rootsi varasem õppekava (enne 01.07.2011 kooliteed alustanutele) hõlmab endas kolme kursust. „Füüsika A“ (*FY1201 - Physics A*) tegeleb liikumise, energia, soojuse, valguse ja elektriga, aga ka aine ehitusega. Kursus nõuab matemaatilisi teadmisi ning on ühine nii Loodusteaduste kui Tehnoloogia programmile. „Füüsika B“ (*FY1202 - Physics B*) tegeleb mehaanika, elektromagnetismi ja elektromagnetlainetega, aga ka aatomi- ja tuumafüüsikaga, tutvustab universumi arengut. Matemaatiliste teadmiste nõuded on võrreldes A kursusega kõrgemad ning seegi kursus on ühine mõlemale programmile. „Füüsika erikursus“ (*Physics - extension*) nõuab eelnevalt A osa läbimist ning on vabatahtlik. Viimane pakub laiemaid teadmisi astrofüüsika, tahkisefüüsika, osakeste füüsika ning füüsikaliste ideede ajaloolise arengu vallas.⁴¹

Uue õppekava kohaselt on füüsika samuti kohustuslik aine nii Loodusteaduste kui Tehnoloogia programmile. Õpilane võib valida, kas võtab 50, 100 või 150-punktilise kursuse.

Uues õppekavas on järgmised füüsikakursused:

„Füüsika 1a“ (*Physics 1a, 150 punkti*) põhineb põhikooli teadmistel ning läbitakse järgmised suuremad teemad: Liikumine ja jõud (*Motion and forces*), Energia ja energiavarud (*Energy and Energy Resources*), Kiirgused meditsiinis ja tehnoloogias (*Radiation in medicine and technology*), Kliima ja ilmaennustus (*Climate and weather forecasts*), Füüsika olemus, selle meetodid ning matemaatiline käsitus (*The nature of physics, methods and mathematical methods*).

„Füüsika 1b1“ (*Physics 1b1, 100 punkti*) raames läbitakse: Liikumine ja jõud (*Motion and forces*), Energia ja energiavarud (*Energy and Energy Resources*), Füüsika olemus, selle meetodid ning matemaatiline käsitus (*The nature of physics, methods and mathematical methods*).

„Füüsika 1b2“ (*Physics 1b2, 50 punkti*) põhineb kursusel Füüsika 1b1 ning teemadeks on: Liikumine ja jõud (*Motion and forces*), Energia ja energiavarud (*Energy and Energy Resources*), Kiirgused meditsiinis ja tehnoloogias (*Radiation in medicine and technology*), Kliima ja ilmaennustus (*Climate and weather forecasts*), Füüsika olemus, selle meetodid ning matemaatiline käsitus (*The nature of physics, methods and mathematical methods*).⁴²

Füüsika 1a kursus on samaväärne 1b1+1b2 kursusega ning sisaldab järgmisi nüüdisfüüsika teemasid:⁴²

- relativistliku füüsika olemus, ruumi ja aja relatiivsus, massi ja energia samaväärsus;
- väikseimad materiaosakesed ja nende klassifikatsioon;
- radiatsioon, radioaktiivne lagunemine;
- tuumareaktsioon;
- termotuumareaktsioon;
- tuumaenergia;
- seoseenergia, massiarv;
- gravitatsiooniline ja elektromagnetväli;
- tugev ja nõrk väli;
- radioaktiivne kiirgus, ioniseeriv kiirgus;
- radiatsioon ühiskonnas, ohutus;

- radiatsioon meditsiinis ja tehnoloogias.

„Füüsika 2“ (*Physics 2, 100 punkti*) põhineb Füüsika 1 või Füüsika 1b2 kursusel, teemadeks: Liikumine ja jõud (*Motion and forces*), Lained, elektromagnetism ja signaalid (*Waves, Electromagnetism and Signals*), Universumi struktuur ja areng (*Development of the universe and the structure*).

Nüüdisfüüsikast kajastatakse:⁴²

- De Broglie hüpotees;
- valguse dualism;
- fotoefekt;
- tänapäeva kommunikatsioonitehnoloogia füüsikalised alused;
- kaasaegne universumimudel, universumi areng;
- kaasaegsed universumi uurimise meetodid.

„Füüsika 3“ (*Physics 3, 100 punkti*) põhineb Füüsika 2 teemadele: Liikumine ja jõud (*Motion and forces*), Aine ja materia (*Matter and materials*), Modelleerimine ja simulatsioon (*Modeling and Simulation*).⁴²

See kursus sisaldab nüüdisfüüsikast:⁴²

- relatiivsus- ja erirelatiivsusteooriate olemus;
- tunneleefekt;
- Heisenbergi määramatuse relatsioon;
- “osakene kastis” mudel;
- 1-dimensionaalne ajast sõltumatu Schrödingeri võrrand;
- kvantarvud;
- Pauli printsiip;
- tahkiste optilised ja elektrilised omadused ning nende seos elektroni energiatasemetega;
- kvantmehaanika ja tahkisefüüsika rakendused, laserid, tahkiselektronika ja kaasaegsed materjalid.

Kursuste temaatikast on näha, et iga kursusega tehakse „kõikidele“ füüsika teemadele üks ring peale. Iga järgnev kursus kajastab samasid teemasid, kuid eelnevast põhjalikumalt. Rootsis on üsna detailselt välja toodud ka õpitulemused ning vastav hindamisskaala (A-E) kursuste lõikes.

3.5 Inglismaa

Kuna Inglismaal ei ole kehtestatud riiklikku õppekava uurimistöös käsitletavale gümnaasiumiastmele, võtab autor vaatluse alla erinevad koolid, mis pakuvad *sixth form* tasemel (keskhariduse kaks viimast aastat, Inglismaal on selleks 12. ja 13. klass) erinevaid A taseme (AS+A2) akadeemilise õppe kursuseid. Valik on tehtud juhuslikkuse alusel ning põhjalikke järeldusi selle alusel teha ei saa, kuid riigile iseloomuliku kursuste ülesehituse võiks siiski anda.

Näiteks Corfe Hills keskkool pakub nii esimese aasta AS kui ka teise aasta A2 tasemel kursusi. AS füüsikakursuse raames õpitakse aineosakeste füüsikat ja kiirgust, elektromagnetkiirgust, kvantnähtusi, elektrivoolu, mehaanikat ja laineid. Osakestefüüsika raames käidi ekskursioonil CERNis ning näidati ka maailma suurimat osakeste kiirendit LHC-d (The Large Hadron Collider).⁴³

AS kursuses võib leida märke järgmistest nüüdisfüüsika teemadest:⁴³

- kvantmehaanika;
- elementaarosakeste füüsika.

A2 kursus on keerulisem ning teemasid õpetatakse põhjalikumalt. Teemadest kaetakse: ringliikumine, harmooniline liikumine, gaaside molekuraalkineetiline teooria, tuumafüüsika, elektri-, magnet- ja gravitatsiooniväljad, optika. Lisaks pakutakse võimalust õppida antud kursuse raames astro-, meditsiini- ja rakendusfüüsikat ning tutvustatakse olulisemaid pöördepunkte füüsika ajaloos.⁴³

A2 kursuses võib leida märke järgmistest nüüdisfüüsika teemadest:⁴³

- elektronide detekteerimine;
- osakese-laine dualism;
- tunneleffekt;

- Einsteini erirelatiivsusteooria.

Queen Elizabeth'i kool pakub AS tasemel: osakestefüüsika, kvantmehaanika ja elektriõpetus, lisaks mehaanika, materjaliõpetus ja lained. Teisel aastal (A2) on kavas elektromagnetism ja mehaanika 2, tuumafüüsika ja termodünaamika. Mõlema kursuse puhul peetakse oluliseks praktiliste oskuste ja teaduslike uurimuste läbiviimise arendamist.⁴⁴ AS kursuse puhul on nüüdisfüüsika temaatika sarnane Corfe Hills keskkooliga. A2 tasemel on nüüdisfüüsikast ära märgitud vaid tuumafüüsika.

Kahes eelpool mainitud koolis ei ole ainekava täpsemalt lahti kirjutatud, seetõttu on keeruline oletada, kui põhjalikult nüüdisfüüsika küsimusi võetakse.

Sixth formi pakub ka kristlik Bishop Wordsworth'i kool. Tegemist on ainult poistele mõeldud humanitaargümnaasiumiga, mille füüsika ainekava on äärmiselt põhjalik hoolimata sellest, et füüsikat õpetatakse alates 2008. aastast.⁴⁵

Nüüdisfüüsikast sisaldab kooli õppekava järgnevat:⁴⁶

AS kursus:

- absoluutkiirus;
- UV-, röntgen- ja gammakiirgus;
- footonid, footoni energia;
- fotoefekt, Einsteini valem fotoefekti kohta;
- elektronide difraktsioon, selle rakendused aine ehituse uurimisel;
- dualismiprintsiip;
- de Broglie hüpotees;
- valguse kiirgumine ja neeldumine ($hf = E_k - E_n$).

A2 kursus:

- massiarv;
- isotoobid;
- tugev väli;

- hadronite kvarkmudel, kvarkide liigid, antikvargid;
- nõrk väli, selle seos beeta-kiirgusega;
- beetakiirgus, selle liigid, seos neutriinodega;
- leptonid;
- radioaktiivne kiirgus;
- alfa-, beeta- ja gammakiirguse olemus;
- poolestusaeg;
- radioaktiivsed isotoobid suitsualarmides;
- radioaktiivse süsiniku meetod;
- massi ja energia samaväärsus;
- seoseenergia;
- tuumareaktsioon;
- tuumareaktori ehitus;
- termotuumareaktsioon;
- kompuutertomograafia, röntgen ja magnetresonantstomograafia tööpõhimõte, PET-tehnoloogia;
- gamma-kaamera ehitus;
- kaasaegne universumimudel, selle evolutsioon.

Vaadates neis kolmes koolis õpetatavaid teemasid võib öeda, et füüsikaõpingud koolides on päris põhjalikud ja heal tasemel. Nüüdisfüüsikast räägitakse ning põhimõttelised nüüdisfüüsika printsiibid ja nende olemus tehakse selgeks alates õppeprogrammi algusest.

3.6 USA

USA puhul tegi autor valiku ning võtab vaatluse alla Massachusettsi osariigi, milles võeti 1993. aastal vastu haridusreform, millega töötati välja osariigi-ülene õppekava raamistik seitsmele õppeainele (sh loodusainetele) eelkoolieast 12. klassini.²³ Neid õppekavasid

täiendatakse perioodiliselt, näiteks *Science and Technology/Engineering* raamistik pärineb 2006. aastast ning kirjeldab muuhulgas füüsika, keemia, bioloogia, Maa ja kosmosefüüsika ning tehnoloogia standardit eelkoolieast keskkooli lõpuni.⁴⁷ Õpetajad võivad seatud standardi alusel õpetada erinevaid teemasid põhjalikumalt ning kajastada ka teemasid, millest standardis ei räägita.⁴⁸

Massachusettsi füüsikakursus kannab nime „Sissejuhatav füüsikakursus“ (*Introductory physics*), kestab terve aasta ning selle raames läbitakse järgnevad teemad: Liikumine ja jõud (*Motion and Forces*), Energia ja impulsi jäävus (*Conservation of Energy and Momentum*), Soojus ja soojusülekanne (*Heat and Heat Transfer*), Lained (*Waves*), Elektromagnetism (*Electromagnetism*), Elektromagnetkiirgus (*Electromagnetic Radiation*).⁴⁹

Science and Technology/Engineering standardis on ka „Maa- ja kosmosefüüsika“ (*Earth and Space Science*) kursus, mis koosneb alateemadest: Aine ja energia Maal (*Matter and Energy in the Earth System*), Energia ressursid Maal (*Energy Resources in the Earth System*), Protsessid ja tsüklid Maal (*Earth Processes and Cycles*), Universumi päritolu ja areng (*The Origin and Evolution of the Universe*).⁴⁹ Kursuses räägitakse muuhulgas põgusalt elektromagnetkiirgustest ja selle mõjust, radioaktiivsest dateerimisest ja Suure Paugu teooriast ning seda toetavatest tõenditest (taustkiirgus, relativistlik Doppleri efekt).

Neis kahes kursuses on nüüdisfüüsika osakaal marginaalne ja fundamentaalseid nüüdisfüüsika teemasid ei käsitleta. Küll aga leiab nüüdisfüüsikat Massachusettsi osariigi keemia ainekavast. Seal tutvustatakse järgmist:⁴⁹

- alfa-, beeta- ja gammakiirgus ning selle olemus;
- radioaktiivse lagunemise seadus, poolestusaeg;
- radioaktiivse süsiniku meetod;
- tuumareaktsioon;
- termotuumareaktsioon.

3.7 Austraalia

Nagu juba mainitud, on Austraalias riiklik õppekava 10. klassini, kavand vanema astme (klassid 11-12) keskkooli inglise keele, matemaatika, loodusteaduse ja ajaloo õppekavale on töös ning avaldatakse selle aasta jooksul. Vastavalt riiklikule õppekavale toetub loodusteadus kolmele põhiteemale: loodusteaduse mõistmine (*Science Understanding*), loodusteadus kui inimtegevus (*Science as a Human Endeavour*) ja loodusteaduse uurimise oskused (*Science Inquiry Skills*).⁵⁰ Loodusteadus on interdistsiplinaarne aine, mille raames õpetatakse bioloogiat, keemiat, füüsikat, Maa ja kosmosefüüsikat. Füüsikast õpitakse mikro- ja makromaaailma füüsikat, Suure Paugu teooriat, liikumist ja jõudu.⁵¹

11. ja 12. klassi ainekavade uurimiseks võeti vaatluse alla New South Wales'i osariik, kuna viimases on osariigi poolt keskkoolidele (*Stage 6*) kehtestatud õppekava (vastu võetud oktoobris 2002, uuendatud 2009. a). New South Wales (lühendatult NSW, eesti keeles Uus-Lõuna-Wales, pealinn Sydney) on suurima elanike arvuga (7,2 miljonit) osariik Austraalias.⁵²

NSWs õpetatakse vanuses 12-16 interdistsiplinaarset kursust *Science Years 7-10*, mis vastavalt riiklikule õppekavale hõlmab bioloogiat, keemiat, füüsikat ning Maa ja kosmose füüsikat.⁵³ 11. ja 12. klassi õpilased võivad keskkoolitunnistuse saamiseks valida üksikkursuste vahel, milleks on bioloogia, keemia, füüsika, maa- ja keskkonnateadus (*Earth and Environmental Science*) või siis valida interdistsiplinaarse kursuse *Senior Science*.⁵⁴

Üksikkursustel on 11. klassis sissejuhatav kursus ning 12. klassis HSC kursus. Kuigi vanemas astmes on kohustuslik vaid inglise keele ainevaldkond, selgub kirjavahetusest NSW Board of Studies ametnikuga, et vanema astme loodusteaduste kursuse kava muutmisega 2009. a suurenes kursustel osalejate hulk 21%. 2011. aastal võttis 33 008 õpilast 72 391st vähemalt ühte või mitut loodusteaduse kursust.⁵⁵

Füüsika „Sissejuhatav kursus“ (*Preliminary Course*) annab teadmised lainete, liikumiste, jõudude, väljade, elektri ja magnetismi osas. Tänu sellele peaksid õpilased mõistma tänapäevast kommunikatsioonitehnoloogiat, kodust elektrikasutust, transpordivahendite vastastikust toimet (autoõnnetused) ja mehhanisme, mis hoiavad planeet Maa füüsikalisi omadusi. Sissejuhatav kursus, mahuga 120 tundi sisaldab järgnevaid teemasid: Kommunikatsioonitehnoloogia (*The World Communicates*, 30 tundi); Elektrienergia

kodus (Electrical Energy in the Home, 30 tundi); Liikumine (Moving About, 30 tundi); Universumi ehitus (The Cosmic Engine, 30 tundi).⁵⁶

Nüüdisfüüsika teemadest käsitletakse sissejuhatavas kursuses:⁵⁷

- ultraviolett-, röntgen- ja gammakiirgus;
- nüüdisaegne universumimudel;
- massi ja energia samaväärsus;
- alfa-, beeta- ja gammakiirguse olemus.

Sissejuhatavale kursusele järgneb „HSC (Higher School Certificate) kursus“, mis põhineb eelnevale kursusele ning kirjeldab täpsemalt relatiivsusteooriat, mootori efektiivsust, tahkisfüüsikat, kosmoselendu, mootorite ja generaatorite ehitust, pooljuhtide füüsika ja elektroonika arengut. HSC kursus (samuti mahuga 120 tundi) sisaldab kohustuslike moodulitena (igaüks neist 30 tundi, kokku 90 tundi) järgmisi teemasid: Universum (Space); Elektrimootorid ja generaatorid (Motors and Generators); Ideest teostuseni (From Ideas to Implementation).

HSC kursus kajastab nüüdisfüüsikast:⁵⁷

- absoluutkiiruse printsiip;
- relatiivsusteooria olemus, ruumi ja aja relatiivsus, massi ja energia samaväärsus (kvalitatiivne ja kvantitatiivne käsitlus);
- aja, pikkuse ja massi relatiivsus (kvalitatiivne ja kvantitatiivne käsitlus);
- elektroni dualism;
- musta keha kiirgus;
- kvandid, kvandi energia;
- Einsteini panus kvantmehaanikasse ja selle seos musta keha kiirgusega;
- valguse dualism;
- fotoefekt.

30-tunnised valikkursused on järgmised: Geofüüsika (Geophysics); Meditsiinifüüsika (Medical Physics); Astrofüüsika (Astrophysics); Kvandist kvargini (From Quanta to Quarks) ja Räni ajastu (The Age of Silicon).⁵⁶

Valikkursused kajastavad nüüdisfüüsikast:⁵⁷

- BCS-teooria;
- radioaktiivse süsiniku meetod;
- röntgenanalüüs, kompuutertomograafia, magnetresonantstomograafia, PET-tehnoloogia;
- prootonite ja neutronite spin;
- spektraalanalüüs astronoomias;
- suurte aatomite spektroskoopia, spektrijoonte ülipeenstruktuur, Zeeman'i efekt;
- de Broglie hüpotees;
- dualismiprintsiip;
- Heisenberg'i ja Pauli panus aatomifüüsikas;
- tuumade muundumine (nuclear transmutation);
- neutriinod;
- tugev väli ja selle olemus;
- massidefekt;
- tuuma- ja ahelreaktsioon;
- Wilsoni kamber;
- tuumareaktori ehitus ja tööpõhimõte;
- neutronhajumine;
- osakeste kiirendid ja nende kasutamine aine ehituse uurimisel;
- materiaosakesed.

Interdistsiplinaarne aine *Senior science* kajastab füüsikat marginaalselt ning ainuke märgeline nüüdisfüüsika kohta on leitav meditsiinitehnoloogias, kus räägitakse röntgenanalüüsi, kompuutertomograafia ja magnetresonantstomograafia kasutamisest.⁵⁷

Kuigi uut õppekava 11. ja 12. klassi tarvis ei ole veel kinnitatud, on võimalik tutvuda selle põhipunktidega. Uus õppekava on samuti üles ehitatud kolmele eelpool mainitud loodusteaduse põhiteemale ning valida saab füüsika, keemia, bioloogia ning Maa ja

kosmosefüüsika vahel.⁵⁸ Füüsikas peaks mõistma liikumist ja seda mõjutavaid hõõrde- ja gravitatsioonijõude ning elektri- ja magnetvälja; energiat ja selle edasikandumist seoses liikumise, soojuse, heli, valguse ja elektriga. Uus õppekava peaks tekitama arusaamise, kuidas on jõud, liikumine, aine ja energia seotud skaalal aatomist universumini.⁵⁹ Millisel määral füüsikakursuses nüüdisfüüsikast räägitakse, selgub õppekava kinnitamisega.

4. Küsitlus ja selle tulemused

Uurimistöö raames viidi läbi küsitlus, et välja selgitada, kuivõrd füüsika ainekavasid reaalselt rakendatakse ehk mida koolides gümnaasiumiastmes nüüdisfüüsikast tegelikult õpetatakse. Selleks koostati valikvastustega küsitlus. Küsitlus saadeti Eestis elektrooniliselt otse füüsikaõpetajatele ning Koolifüüsika listi (261 liiget). Välisriikide puhul saadeti küsitlus elektrooniliselt 128 gümnaasiumiastet pakkuvale koolile (igasse riiki vähemalt 20) juhuslikkuse alusel. Küsitlus viidi läbi ajavahemikus aprill-mai 2012. Küsitlus oli täitjale anonüümne ning täitmiseks kulus ligi 10 minutit.

Nüüdisfüüsika terminid jagati teemaplokkidesse ning valiku sai teha õpetatavaid mõisteid ära märkides. Mõistete valik on koostatud autori poolt ning ei põhine ühegi riigi õppekaval. Lisaks esitati vastusevariantide ja vaba tekstiväljaga küsimusi, et määratleda, mis riigist ning mis tüüpi koolist on vastaja ning mille alusel koolis õpetatakse.

4.1 Küsitluse tulemused ja analüüs

Kuna küsitluse põhieesmärgiks oli määratleda, mida nüüdisfüüsikast tegelikult õpetatakse, on olulisemad küsimused välja toodud tabelitena.

Eestist laekusid vastused 32 õpetajalt, neist 5 olid reaalkallakuga, 26 üldhariduskoolide ning 1 kutsekooli õpetaja. Välismaalt laekus vastuseid kahjuks vägagi minimaalselt: Inglismaalt 3, USAst 2, Lätist 1, Austraaliast 1, Rootsist 0, Soomest 0. Seepärast omavad teiste riikide vastused eelkõige informatiivset iseloomu ning põhjalikke järeldusi nende põhjal teha ei saa. Kõik seitse küsitlusele vastanud õpetajat olid üldhariduskoolidest.

Positiivselt vastanute arv näitab mitu õpetajat kinnitasid, et nende koolis räägitakse antud teemast. Küsitluse tulemuste % on arvutatud järgmiselt:

$$\% = (\text{positiivne vastanute arv} / \text{kogu vastanute arv}) * 100$$

Vastuste analüüsis toodud hinnangud on tehtud järgmise skaala alusel:

- 91 - 100% - suurepärane
- 81 - 90% - väga hea
- 71 - 80% - hea

- 61 – 70% - rahuldav
- 51 – 60% - kasin
- alla 50% - puudulik

Tabel 1. Vastused kvantmehaanika ja aatomifüüsika kajastamisele

Mis küsimusi õpetatakse seoses aatomifüüsika ja kvantmehaanikaga?	Pos. vastuste arv Eestis (max 32)	%	Pos. vastanute arv teistes riikides (max 7)	%
Bohr'i aatomimudel	32	100	4	57
Valguse kiirgumine ja neeldumine ($hf = E_k - E_n$)	32	100	4	57
Kvantarvud	29	91	2	29
Pauli printsiip (tõrjutusprintsiip)	26	81	2	29
De Broglie hüpotees, lainepikkus ($\lambda = h/p = h/mv$)	25	78	5	71
Osakeste dualism	27	84	7	100
Schrödingeri lainefunktsioon (Ψ)	12	38	1	14
Heisenbergi määramatuse relatsioon	20	62	1	14
Fotoefekt	30	94	6	86
Tunneleffekt	12	38	1	14
mitte ühtegi eelpoolnimetatud	0	0	0	0

Tabel 1 põhjal saab öelda, et aatomifüüsikat ja kvantmehaanikat kajastatakse Eesti füüsikatundides üldiselt hästi. Mõisteid, mis on ka õppekavas nõutud, kajastatakse väga hästi.

Tabel 2. Vastused tuumafüüsika kajastamisele

Milliseid teemasid kajastatakse seoses tuumafüüsikaga?	Pos. vastuste arv Eestis (max 32)	%	Pos. vastanute arv teistes riikides (max 7)	%
Massiarv	32	100	6	86
Isotoobid	32	100	6	86
Massidefekt	29	91	5	71
Seoseenergia	32	100	4	57
Radioaktiivsus	31	97	6	86

Radioaktiivse lagunemise seadus	29	91	3	43
Tuuma- ja ahelreaktsioon	31	97	5	71
Tuumareaktor	31	97	5	71
Tuumade süntees (termotuuma reaktsioon)	29	91	5	71
Termotuuma energeetika	21	66	3	43
Radioaktiivse süsiniku meetod	25	78	5	71
Mitte ühtegi eelpoolnimetatud	0	0	0	0

Tuumafüüsikat kajastatakse suurepäraselt, alla 90% on vaid üksikud teemad.

Tabel 3. Vastused elementaariosakeste kajastamisele

Milliseid teemasid kajastatakse seoses elementaariosakestega?	Pos. vastuste arv Eestis (max 32)	%	Pos. vastanute arv teistes riikides (max 7)	%
leptonid	24	75	4	57
kvargid	29	91	4	57
footonid	28	87	4	57
gluonid	16	50	4	57
W^\pm ja Z^0 osakesed (vahebosonid)	9	28	2	29
Antiosakesed, antiaine	26	81	5	71
Tugev väli ja nõrk väli	25	78	5	71
Gravitatsiooniline ja elektromagnetväli	29	91	5	71
Annihileerumine	25	78	5	71
Mitte ühtegi eelpoolnimetatud	1	3	0	0,

Elementaariosakeste tulemused on üldiselt head. Kõikides koolides ei räägita footonitest ning gravitatsiooni- ning elektriväljast, tugevast ja nõrgast väljast, hoolimata sellest, et õppekavas on see nõutud ning mõisted fundamentaalsed ja olulised. Küsitletutest ühes koolis ei kajastata mitte ühtegi küsitud mõistet.

Tabel 4. Vastused kiirguste kajastamisele

Milliseid teemasid ja mõisteid õpetatakse seoses kiirgustega?	Pos. vastuste arv Eestis (max 32)	%	Pos. vastanute arv teistes riikides (max 7)	%
Soojuskiirgus kui elektromagnetiline kiirgus	29	91	6	86
Absoluutselt musta keha kiirgus	10	31	3	43
Stefani – Boltzmanni seadus ($E = \sigma T^4$)	3	9	2	29
Luminestsents	20	63	2	29
Laserite ehitus ja tööpõhimõte	27	84	1	14
α , β ja γ kiirgus	28	88	7	100
Mitte ühtegi eelpoolnimetatud	1	3	0	0

Õppekavas nõutud mõistete kajastamine on väga hea, välja arvatud luminestsents, mis on rahuldav. Küsitletutest ühes koolis ei kajastata mitte ühtegi küsitud mõistet.

Tabel 5. Vastused relatiivsusteooria kajastamisele

Milliseid teemasid ja mõisteid õpetatakse seoses relatiivsusteooriaga?	Pos. vastuste arv Eestis (max 32)	%	Pos. vastanute arv teistes riikides (max 7)	%
Absoluutne kiirus (valguse kiirus)	32	100	6	86
Relatiivsuspriintiip (Füüsikaliste suuruste (kiirus, pikkus, aeg, mass jne) väärtused on üksteise suhtes liikuvate vaatlejate jaoks erinevad)	30	94	4	57
Aja aeglustumine	28	88	4	57
Pikkuste lühenemine	28	88	4	57
Energia ja massi ekvivalentsus ($E=mc^2$)	30	94	5	71
Mitte ühtegi eelpoolnimetatud	0	0	1	14

Kuigi kõik küsimuses olevad mõisted on õppekava järgi kohustuslikud, siis 100% sai vaid üks vastus. Üldiselt on kõik tulemused on väga head.

Kirjeldatud viie küsimuse korral oli võimalus kirjutada ka, mis nüüdisfüüsika teemasid lisaks mainitutele veel õpetatakse. Ükski küsitletutest seda välja ei kasutanud, mis viitab pigem küsitluse olemuslikule poolele kui õpetatavate teemade vähesusele.

Küsimusele *Kas Teie arvates kajastatakse kohustuslikus füüsikaõppes piisavalt nüüdisfüüsikat?* vastamine ei olnud kohustuslik. Eesti füüsikaõpetajatest vastas küsimusele 29 õpetajat, neist 23 meelest tehakse seda piisavalt, 3 meelest mitte ning 3 isikut jäid jah/ei seisukohale. Ülevaade huvitavamate vastustest on toodud tabelis 6.

Tabel 6. Vastused vaba tekstiväljaga küsimusele. Tabelis toodud tekst on esitatud muutmata kujul, v.a suuremad õigekirjavead

Mis tüüpi/kallakuga koolis (klassis) õpetad?	Kas Teie arvates kajastatakse kohustuslikus füüsikaõppes piisavalt nüüdisfüüsikat?
Üld- ja reaalharu	Nüüdisfüüsika kajastamine oli vana programmi järgi ainult 12. klassis ja jäi liialt lühikeseks. Arvestades õpilaste võimet vastu võtta ei ole kvantfüüsika ja relatiivsusteooria väga lühikese ajaga vastuvõetav. Uus ainekava võimaldab kaasaegsemat lähenemist kuigi süvenemiseks jääb aega vähe. Aga kõik sõltub ikkagi esitusest ja õpilaste tööst kaasaegse füüsika probleemide kallal. Uurimused, referaadid, esitlused, ettekanded, õpilaste teaduskonverentsid oleksid nende teemade avamiseks olulised. Uus ainekava ei järgi teaduse ajaloolist, vaid pigem füüsikaõppe sisulist järjekorda ja sinna mahub kaasaegset füüsikat rohkem. Ka põhikooli lõpus olen ikkagi püüdnud avada mikromaailma, tuumareaktsioonide ja kiirguste kaasaegsemat tausta. Võimekamad saavad sellest aru ja see inspireerib neid huvituma probleemidest sügavamalt. Ja ikka on oluline rõhutada, et gümnasisti jaoks ei tohi olla tunnetus nii piiratud, vaid peaks endasse haarama ka matemaatilised mudelid.
Standard (üldhariduslik)	Ilmselt üleminekul uuele õppekavale jääb see paljude õpilaste jaoks teemaks, mida käsitletakse ainult hästi üldiselt FLA /Füüsikalise looduskäsitluse alused/ kursuses.
Standard (üldhariduslik)	Jah, leian, et nüüdisfüüsika osa on võrdlemisi mahukas ja piisavas mahus kajastatud. Suurim probleem on tõenäoliselt õpetajal nõ "ajaga kaasas käimine" ehk siis enda kursis hoidmine uue informatsiooniga. Teema on üksikutele õpilastele huvitav, aga kuna on äärmiselt abstraktne ja tihti raskesti hoomatav, suurele osale õpilastest igav ja keeruline, mistõttu leian, et mahu suurendamine ei tuleks kõne alla ja praegu on nüüdisfüüsika osakaal piisav.
Standard (üldhariduslik)	Ei kajastata, nüüdisfüüsika õpetamiseks pole aega, tundide maht on piiratud.
Standard (üldhariduslik)	Klassikalist füüsikat tundub ikka rohkem olevat.
Standard (üldhariduslik)	Seda küll, aga ajaressursid on tohutult väikeseks tõmmatud, eriti uue, 2011. a. õppekavaga ja seda kõike saab teha klassikalisele füüsikale lihtsalt juurde haakides vastavalt ajale ja kohale.

Standard (üldhariduslik)	Jah, kuid kuna õpikud on vanad, siis viimane info nendes puudub. Lahendus oleks dünaamiline e-õpik, milles saaks õppeaasta vahetumisel muuta infot.
Standard (üldhariduslik)	Arvestades tundide vähesust, siis rohkem küll ei mahuks.
Standard (üldhariduslik)	Jah. Aga uues õppekavas ei ole selles küsimuses veel kindel.
Standard (üldhariduslik)	Ühest küljest võiks öelda, et alati võiks rohkem. Teisest küljest aga ... Kas 2. klassi õpilane peab ikka koostama vooluringi, 9. klassi õpilane teadma tuumareaktsiooni ja gümnaasist olema kodus vaheposoonite asjus?
Standard (üldhariduslik)	Küll!
Standard (üldhariduslik)	Nii ja naa, füüsika ainele on üldse natuke vähe ruumi jäetud ja selles kontekstis üldhariduskoolides rohkemat tahta oleks liiast. Usun, et füüsikaõpetajad ise leiavad võimalusi jagada teadmisi nüüdisfüüsika saavutustest. Isiklikult olen püüdnud õpilastele ikka uuemat teada anda: CERN'is toimuv; uudised kosmoloogia vallast; Nobeli preemia saanud füüsikute temaatika jms. (Olen siis vastavad teemad oma teadmiste piires ka lahti seletanud.)
Reaalkallakuga	Täiesti piisavalt.
Reaalkallakuga	Ei, aga see on ka arusaadav, sest õpilaste matemaatilised oskused ei vasta füüsika nõuetele nüüdisfüüsika matemaatiliseks käsitlemiseks.
Reaalkallakuga	Kirjas võib seda ju piisavalt olla, aga viies 2-tunnises kursuses ei jõua eelnevast loetelust enamust käsitleda (töötan ka mitte-reaalkoolis).

Küsitlusele vastanud õpetajate vastustest on näha, et suure enamuse arvates on nüüdisfüüsikat gümnaasiumisastems piisavalt. Mitmetest vastustest loeb välja, et nüüdisfüüsika osa õppekavas suurendada kindlasti ei tasuks, sest ajakava on muutunud väga tihedaks ning kogu nõutud matejali õpetamine ja omandamine on keeruline. Kahes vastuses tuuakse kitsaskohana välja vajadus kaasaegsema sisuga õpikute järgi ning õpetaja enda ajaga kaasas käimise vajadus.

Kuna Eesti riiklik gümnaasiumi õppekava on vastu võetud 2011. aastal ning koolide õppekavad peavad olema sellega kooskõlla viidud 2013. aastaks, võib eeldada, et enamik vastanutest võttis aluseks varasema õppekava. Kuigi uue õppekava ülesehitus on oluliselt muutnud, siis sisuline külg suures osas kattub, seepärast ei ole vastuste seisukohast oluline, millise õppekava alusel nad selle hinnangu andsid.

Välisriikidest vastasid küsimusele *Kas Teie arvates kajastatakse kohustuslikus füüsikaõppes piisavalt nüüdisfüüsikat?* 6 füüsikaõpetajat 7st küsitluses osalenust. Neist 4 meelest tehakse seda piisavalt, 2 meelest mitte ning 1 õpetaja jättis sellele küsimusele vastamata. Pikemalt põhjendatud vastused on toodud tabelis 7.

Tabel 7. Välisriikidest laekunud vastused vaba tekstiväljaga küsimusele. Tabelis toodud tekst on esitatud muutmata kujul, v.a suuremad kirjavead

Riik	Mis tüüpi/kallakuga koolis (klassis) õpetad?	Kas Teie arvates kajastatakse kohustuslikus füüsikaõppes piisavalt nüüdisfüüsikat?
Austraalia	Standard (üldhariduslik)	Yes but there is, of course a time lapse which means that eg dark energy and matter and recent developments with particle accelerators and the "God particle" will take a long time to make it into the courses.
Inglismaa	Standard (üldhariduslik)	Modern physics is adequately covered except for relativity however it is often simple fact recall rather than rel understanding of the subject. It is the absence of all calculus from A-Level physics that is the main issue, and perhaps why the modern physics that is included is so dumbed down.
USA	Standard (üldhariduslik)	I'd like to do more, but not at the cost of classical stuff. They need to understand conservation laws and Newton's laws to understand the importance of the modern physics.
Inglismaa	Standard (üldhariduslik)	In the Advanced Level Physics course there is very good coverage. Perhaps too few of the ideas are discussed at GCSE level however.

Välismaalt laekunud vastused on oma olemuselt sarnased Eesti omadega. Kumab läbi ajanappus kõikide soovitud teemade kajastamiseks.

5. Järeldused

Kuna mitmeid nüüdisfüüsika nähtusi saab selgitada erinevate teemade raames, võib üks ainekavas toodud mõiste tähendada oluliselt rohkemat. Töös on kajastatud need nüüdisfüüsika mõisted ja probleemid, mis on õppekavades osteselt välja toodud. Mis on konkreetsete ainekavas toodud mõistete taga, mida on mõelnud ainekava koostajad ning kuidas on ainekava tõlgendanud füüsikaõpikute autorid, ei ole antud uurimuse eesmärk.

Kas teiste riikide ainekavades on nüüdisfüüsikat rohkem või vähem kui Eestis?

Suurtes teadusriikides USAs, Inglismaal ja Austraalias riiklik füüsika ainekava puudub (viimases riigis küll 10. klassini on). USAs ja Austraalias on osariigis kehtestatud standard, Inglismaal on jäetud gümnaasiumi füüsika ainekava koolide otsustada. Naaberriikides Lätis, Soomes ja Rootsis on füüsika ainekava kehtestatud riiklikult, ainekava detailsuse aste on võrreldav Eesti omaga.

Kokkuvõtvalt on nüüdisfüüsikat väiksemas mahus kui Eestis: Soomes, Lätis ja USAs Massachusettsi osariigi näitel. Suuremas mahus aga Rootsis ning Austraalias NSW osariigi näitel.

Inglismaa kohta põhjalikke järeldusi teha ei saa. Töös uuriti kolme kooli ainekavasid. Kuna kõik gümnaasiumid ei paku võimalust füüsikat õppida, siis need koolid, kus see võimalus on olemas, teevad seda üsnagi hästi ja põhjalikult. Kahes koolis on nüüdisfüüsika maht hinnanguliselt sama, mis Eestis, kolmandas (Bishop Wordsworth'i kool) on nüüdisfüüsika õpe väga põhjalik ja mahukam Eesti riiklikult kehtestatud ainekavast.

Kuigi Rootsis ja NSW ainekavades on nüüdisfüüsikat rohkem, siis tuleb märkida, et suur hulk sellest on valikkursustes.

Kui palju on kohustuslik nüüdisfüüsikat õppida gümnaasiumihariduse saamiseks?

Uuritavates riikides on gümnaasiumiastmes kohustuslik füüsikat õppida vaid Soomes ja Eestis. Teistes riikides loodusained kas ei ole kohustuslikud või on kohustuslik läbida interdistsiplinaarne aine loodusteadused või midagi sarnast. See tähendab, et Lätis, Rootsis, Inglismaal, Austraalias ja USAs on võimalik sõltuvalt õppesuuna valikust lõpetada gümnaasium ilma, et füüsikat peaks õppima. Soomes kajastatakse kohustuslikus füüsikakursuses nüüdisfüüsikat vaid kaudselt. Head näited füüsika, sh nüüdisfüüsika osatähtsusest gümnaasiumihariduses on Massachusettsi ja NSW osariikide statistika:

aastatel 2008-2009 võttis USAs vähemalt ühte füüsikakursust 37% õpilastest ning 2011. a võttis NSWs ühte või mitut loodusteaduste ainet 45% (enne 2009. aastat oli see protsent veel väiksem) õpilastest. See tähendab, et enam kui 50% mainitud osariikide õpilastest gümnaasiumiastmes enam füüsikat ei õpi. Selles kontekstis on Eestis kohustusliku füüsikaõppe maht suur.

Paralleelselt ainekavade uurimisega viidi läbi küsitlus, teada saamaks kuivõrd nüüdisfüüsikat koolides tegelikult kajastatakse. Võib öelda, et Eesti füüsikaõpetajad järgivad ainekava ja selles nõutud nüüdisfüüsikast räägitakse. 80% füüsikaõpetajatest arvab, et nüüdisfüüsikat on ainekavas piisavalt.

Küsitlusele annab olulise lisaväärtuse vabas vormis püstitatud küsimus, kus 15 õpetajat avaldasid arvamust nüüdisfüüsika õpetamise kohta. See, et peaaegu pooled küsitletutest kasutasid sellele küsimusele vastamise võimalust, näitab, et tegemist on füüsikaõpetajatele olulise küsimusega.

Uurimise tulemuste põhjal võib öelda, et meie õpilastel on olemas head võimalused omandada vähemalt sama lai ja põhjalik nüüdisfüüsikaline maailmapilt kui meie naaberriikides ja suurtes teadusriikides.

Kokkuvõte

Töös käsitleti nüüdisfüüsika kajastamist erinevate maade ainekavades, et välja selgitada, kas Eestis õpetatakse nüüdisfüüsikat võrreldes teiste maadega rohkem või vähem. Riikide erinevatest haridussüsteemidest tulenevalt tuleb arvestada mitmete aspektidega, mistõttu omandavad tõlgendused paratamatult subjektiivse iseloomu. Ainekavade võrdlemisel tuleb arvestada, kas tegu on riiklikult kehtestatud õppekava, osariigi või kooli juhtkonna poolt seatud standardiga. Samuti on oluline, kas tegu on kohustuslike või valikkursustega. Seega on ainekavade uurimisel tarvilik arvestada taustsüsteemiga, kuhu nüüdisfüüsika mõisted paigutada. Ühtlasi tuleb arvestada, et ainekavade detailsusaste on erinev ning ainekavas toodud mõiste taga võis olla märksa rohkemat.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et nüüdisfüüsikat on teistes riikides samas suurusjärgus, mis Eestis või siis vähem. Kuigi Rootsi ainekavas ja Austraalia NSW osariigi standardis leiab rohkem nüüdisfüüsika mõisteid, on suur hulk sellest valikkursustes. On selge, et kui gümnaasiumi füüsikaõpe on vabatahtlik, siis suur hulk õpilasi ei pruugi sellest osa saada. Sellisel juhul muutub ka ainekava ja selle sisu tähendus.

Kahtlemata on kõigis vaatluse all olnud riikides koole, kus füüsika õpetamise tase on kõrge ning andekatele ja tõsistele füüsikahuvilistele on antud võimalused tippu jõudmiseks. Kuid õppekavade laiem eesmärk võiks olla kogu riigi rahvastiku hariduse ja harituse kindlustamine. Eesti haridussüsteem näeb selle olulise osana ka loodusaineid ning füüsika on kohustusliku ainena õppekavas. USAs, Austraalias, Inglismaal, Rootsis ning ka Lätis on õpilastel peale põhikooli lõpetamist vabadus otsustada, milliseid kursuseid gümnaasiumiastmes läbida. Töös toodud statistika alusel ei pruugi see alati olla parim variant – füüsika ja loodusteaduste kursusi lihtsalt ei valita.

Kas parema ettevalmistuse edasisse ellu astumisel tagaks õpilase vabadus endale ise sobiv programm valida või hoopis mitmekülgne (sh loodusaineid hõlmav) reglementeeritud õppekava? Käesolev töö võiks olla üks osa suuremast uuringust, mis annaks vastuseid, kuidas mõjutab riiklik reguleerimine kogu rahvastiku haridustaset ning kui detailne see peaks olema.

Kasutatud kirjandus

- ¹ „Põhikooli- ja gümnaasiumiseadus,“ 09.06.2010, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13337919#para15lg2> (10.05.2010).
- ² H.Voolaid [toimetaja], Füüsika ainearaamat, (Tallinn, 1997).
- ³ „Gümnaasiumi riiklik õppekava,“ <https://www.riigiteataja.ee/akt/114012011002> (15.12.2011).
- ⁴ „Gümnaasiumi riiklik õppekava, lisa 4, ainevaldkond Loodusained,“ https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1140/1201/1002/VV2_lisa4.pdf (15.12.2011).
- ⁵ „Gümnaasiumi õppekava üldosa olulisemad sätetused,“ <http://www.hm.ee/index.php?0512005> (15.12.2011).
- ⁶ K.Kello, „Õppekavauudist lõunapiiri tagant,“ Haridus 8/2004, lk. 22-25.
- ⁷ Läti riiklik õppekava „Noteikumi par valsts vispārējās vidējās izglītības standartu un vispārējās vidējās izglītības mācību priekmetu standartiem,“ <http://www.likumi.lv/doc.php?id=181216&from=off> (02.02.2012).
- ⁸ „Organisation of the Education System in Latvia“, 2009-2010, http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/eurybase/eurybase_full_reports/LV_EN.pdf (02.02.2012).
- ⁹ „General secondary education,“ <http://izm.izm.gov.lv/education/general-education/general-secondary-education.html> (02.02.2012).
- ¹⁰ „National Core Curriculum for Upper Secondary Schools 2003,“ http://www.oph.fi/download/47678_core_curricula_upper_secondary_education.pdf (15.03.2012).
- ¹¹ „General Upper Secondary Education,“ http://www.oph.fi/english/education/general_upper_secondary_education (15.03.2012).
- ¹² „The Curriculum,“ http://www.oph.fi/english/education/general_upper_secondary_education/curriculum (15.03.2012).
- ¹³ „What is upper secondary school?“ http://www.skolverket.se/2.3894/in_english/the_swedish_education_system/upper_secondary_school/upper_secondary_school (15.03.2012).
- ¹⁴ „Swedish school system - Upper secondary school,“ <http://www.economiceducation.eu/index.php?page=sweden> (15.03.2012).
- ¹⁵ „Education Act, Appendix 2 (June 2000),“ <http://www.sweden.gov.se/content/1/c6/02/15/38/1532b277.pdf> (02.05.2012).
- ¹⁶ „Teiste riikide õppekavade võrdlus Eesti riikliku õppekavaga,“ lk. 1-163. <http://www.ut.ee/curriculum/orb.aw/class=file/action=preview/id=514371/%D5ppekavade+v%F5rdlus.pdf> (12.02.2012).
- ¹⁷ „England: Education Structure (ages 3-19), Fourth phase: Upper secondary, age 16 – 18,“ <http://www.inca.org.uk/1277.html> (25.04.2012).
- ¹⁸ „AS and A levels,“ http://www.direct.gov.uk/en/educationandlearning/qualificationsexplained/dg_10039018 (13.05.2012).
- ¹⁹ R.Modini, „Why study physics and is physics relevant?“ <http://www.tuition.com.hk/physics.htm> (14.05.2012).
- ²⁰ „Keskkoostisteem USAs,“ <http://www.ut.ee/et/394362> (26.03.2012).
- ²¹ „US School System,“ <http://www.fulbright.co.uk/study-in-the-usa/school-study/us-school-system> (26.03.2012).
- ²² „USA, Education in Brief,“ <http://infousa.state.gov/education/overview/docs/education-brief2.pdf> (26.03.2012).
- ²³ „USA: Curricula (age 3-19),“ <http://www.inca.org.uk/365.html> (26.03.2012).
- ²⁴ „Science Standards,“ http://www.educationworld.com/standards/national/science/9_12.shtml#ns.9-12.2 (25.04.2012).
- ²⁵ N.G.Lederman, „Standards for Science Education in the United States: Necessary Evil?“ p. 347-370.

http://books.google.ee/books?id=68Q0nZdsaG0C&pg=PA347&lpg=PA347&dq=Standards+for+Science+Education+in+the+United+States:+Necessary+Evil?%E2%80%9C&source=bl&ots=tu4g3cUk8y&sig=WsiIvuDbkDBmOv_CURH0_fOpS1M&hl=et&sa=X&ei=Zqm0T6TuN4fD0QXwt-VE&ved=0CFgQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false.

²⁶ S.White; C.L.Tesfaye, „High School Physics Courses and Enrollments,“ (August 2010), <http://www.aip.org/statistics/trends/reports/highschool3.pdf>.

²⁷ „Broad Coalition Opposes National Curriculum Initiative by U.S. Dept. of Education,“ Education News, (09.05.2011),“ http://www.educationnews.org/ed_reports/155764.html (26.03.2012).

²⁸ „Australian school system,“ <http://www.studyinaustralia.gov.au/en/Courses/Schools/Australian-School-System/Australian-school-system> (07.02.2012).

²⁹ „2012 Higher School Certificate Rules and Procedures,“ <http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/yourhsc/hsc-rules-procedures-guide.html> (08.05.2012).

³⁰ „Developing the Australian Curriculum,“ <http://www.australiancurriculum.edu.au/> (07.02.2012).

³¹ „NSW to delay implementation of Australian Curriculum,“ 09.08.2011, http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/australian-curriculum/pdf_doc/media-release-110809-australian-curriculum.pdf (02.05.2012).

³² „National Curriculum (Australia),“ http://en.wikipedia.org/wiki/National_Curriculum_%28Australia%29 (08.05.2012).

³³ V. Strutškov, B. Javorski, Nüüdisfüüsika põhiküsimusi, (Tallinn, 1979).

³⁴ K. Tarkpea, „Füüsika õppekava on muutunud põhimõtteliselt,“ Haridus 3/2010, lk. 35-38.

³⁵ K.Tarkpea, „Füüsika ainekava muudatused RÕK 2002-ga võrreldes,“ http://www.oppekava.ee/images/d/d9/F%C3%BC%C3%BCsika_ainekava_muudatused_R%C3%95K_2002-ga_v%C3%B5rreldes_Kalev_Tarkpea.pdf (15.12.2011).

³⁶ Y. Beernaert, „The Science and mathematics reform in Latvia (2005-2011),“ (December 2009), p. 19-20, http://www.kslll.net/Documents/PLA%20Report%20Latvia_Dec%2009.pdf (04.02.2012).

³⁷ Lāti nādisainekava: „MĀCĪBUPRIEKMETAPROGRAMMASPARAUGS,“ http://www.dzm.lu.lv/fiz/fiz_prog_proj.pdf (24.04.2012).

³⁸ A. Mutanen, „Koulun fysiikka jumiutui sadan vuoden takse,“ 10.08.2011 (*Published in Science magazine, 8/2011*)

http://www.tiede.fi/artikkeli/1402/koulun_fysiikka_jumiutui_sadan_vuoden_taakse (27.03.2012).

³⁹ Haukipudase gümnaasiumi koduleht, „Fysiikka,“ <http://www.haukipudas.fi/lukio/sivu/fi/Opiskelu/Ops/kurssit/FY/> (28.03.2012).

⁴⁰ Tapiolani keskkooli koduleht, „Fysiikka,“ <http://www.tapiolanlukio.fi/index.php?page=1041&lang=1> (28.03.2012).

⁴¹ „Physics: Aim of the subject,“ <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=EN&ar=1112&infotyp=8&skolform=21&id=FY&extraId> (15.03.2012).

⁴² „Ämne – Fysik,“ <http://www.skolverket.se/forskola-och-skola/gymnasieutbildning/amnes-och-laroplaner/sok-program-och-amnesplaner/subject.htm?subjectCode=FYS> (15.03.2012).

⁴³ Corfe Hillsi kooli koduleht, „Physics,“ <http://www.corfe-hills.dorset.sch.uk/content.asp?cat=127&sub=118&sec=165> (24.04.2012).

⁴⁴ Queen Elizabeth'i kooli koduleht, „Science,“ <http://www.qe.dorset.sch.uk/science> (24.04.2012).

⁴⁵ Bishop Wordsworth'i kooli koduleht, „Admissions,“ <http://www.bws.wilts.sch.uk/TheSchool/admissions.html> (24.04.2012).

⁴⁶ „Curriculum: Physics, Sixth Form,“ http://www.bws.wilts.sch.uk/Curriculum/cur_physics/Phys_sixth_form.html (24.04.2012).

⁴⁷ „Massachusetts Curriculum Frameworks,“ <http://www.doe.mass.edu/frameworks/current.html> (27.03.2012).

- ⁴⁸ „Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework,“ (October 2006).
<http://www.doe.mass.edu/omste/ca.html> (27.03.2012).
- ⁴⁹ „Massachusetts Science and Technology/Engineering High School Standards,“
<http://www.doe.mass.edu/frameworks/current.html> (27.03.2012).
- ⁵⁰ „The Australian Curriculum,“
<http://www.australiancurriculum.edu.au/Australian%20Curriculum.pdf?a=S&l=10&e=0&e=1&e=2&e=3&e=4&e=5&e=6&x=0> (07.02.2012).
- ⁵¹ „The Australian Curriculum, year 10,“
<http://www.australiancurriculum.edu.au/Science/Curriculum/F-10#level=10> (07.02.2012).
- ⁵² „Population Estimates,“ <http://www.business.nsw.gov.au/invest-in-nsw/about-nsw/people-skills-and-education/population-estimates> (02.05.2012).
- ⁵³ „Science Years 7-10 Syllabus,“ http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/syllabus_sc/science.html (07.02.2012).
- ⁵⁴ „HSC Syllabuses,“ http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/syllabus_hsc/ (07.02.2012).
- ⁵⁵ Kirjavahetus NSW Board of Studies ametniku, Gina Grantiga, 10.01.2012.
- ⁵⁶ „HSC Course descriptions – Science,“
http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/syllabus_hsc/course-descriptions/science.html#physics (07.02.2012).
- ⁵⁷ „Senior Science, Stage 6, Syllabus,“
http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/syllabus_hsc/pdf_doc/physics-st6-syl-from2010.pdf (07.02.2012).
- ⁵⁸ „Shape of the Australian Curriculum: Science, May 2009,“
http://www.acara.edu.au/verve/_resources/Australian_Curriculum_-_Science.pdf#xml=http://search.curriculum.edu.au/texis/search/pdfhi.txt?query=physics&pr=www.acara.edu.au&prox=page&rorder=500&rprox=500&rdfreq=500&rwfreq=500&rlead=500&rdepth=0&sufs=0&order=r&cq=&id=4f59c9e013 (07.02.2012).
- ⁵⁹ „The Australian Curriculum: Content Structure,“
<http://www.australiancurriculum.edu.au/Science/Content-structure> (07.02.2012).

Modern physics in higher secondary schools

Summary

Viljar Pihlapuu

This study is an attempt to compare physics gymnasium/high school level curriculums and find out to which extent and what kind of modern physics concepts are covered. The given thesis also tries to examine how much modern physics is obligatory and at what stage it is introduced to students. Thus, the age group is students in between 16-19. The states that author looked, were Estonia, Latvia, Finland, Sweden, USA, UK and Australia. Pervasive part of the source-materials used here are from Internet, mostly official pages of institutions that regulate or establish curriculum development.

To make any conclusions, general description of a school system in gymnasium level was described and then national curriculums or set standards were studied. Based on that knowledge, interpreting physics course curriculums set by different institutions followed. A list of modern physics concepts was made and then compared with state's curriculum or standard. While the curriculums or set standards are of different amount of precision, no specific conclusions can be set solely on looking at those documents.

Therefore, an inquiry was prepared and sent to physics teachers. The goal of the inquiry was to see, to which extent modern physics concepts are really covered at schools. Answers from Estonia allow to make some conclusions but sadly the answers from other countries were so minimal that it is impossible to set any implications. Total of 32 Estonian and 7 other physics teachers answered to an inquiry. As it turns out, modern physics is covered at schools but teachers point out intensive time schedule and complex subjects that are sometimes difficult for students to understand.

In all, modern physics is covered at gymnasium level in all of those states, but one has to consider that compulsory part of the courses and therefore also coverage of modern physics is very different. In Estonia the compulsory part of physics courses is much more extensive than in other states.

Lisad

Lisa 1. Küsimustik /Teistesse riikidesse saadeti küsitlus tõlgituna inglise keelde./

Nüüdisfüüsika kajastamine gümnaasiumi füüsikaõppes

Lugupeetud füüsikaõpetaja! Käesolev küsitlus on üks osa bakalaureusetööst, mille eesmärgiks on võrrelda, milliseid nüüdisfüüsika teemasid õpetatakse erinevate riikide gümnaasiumiõpilastele (16-19-aastased). Palun märgi linnukesega teemad, milliseid kajastatakse enamikele õpilastele füüsikatundides. Küsitlus on anonüümne ja kasutatakse ainult antud uurimuse jaoks. Tänan, et leidsid aega vastata.

* Kohustuslik täita

Millises riigis õpetad füüsikat? *

Sinu ametinimetus? *

☐ Füüsikaõpetaja

☐ Ametnik

☐ Other:

Mis tüüpi/kallakuga koolis (klassis) õpetad? *

☐ Standard (üldhariduslik)

☐ Reaalkallakuga (matemaatika-füüsika)

☐ Other:

Mis on õppeprogrammi aluseks? *

☐ Riiklik õppekava

☐ Regionaalne õppekava/standard

☐ Kooli kehtestatud standard

☐ Other:

Millal õppeprogrammi viimati muudeti (aasta)?

Mis küsimusi õpetatakse seoses aatomifüüsika ja kvantmehaanikaga? *

☐ Bohr'i aatomimudel

☐ Valguse kiirgumine ja neeldumine ($hf = E_k - E_n$)

☐ Kvantarvud

☐ Pauli printsiip (tõrjutusprintsip)

☐ De Broglie hüpotees, lainepikkus ($\lambda = h/p = h/mv$)

☐ Osakeste dualism

☐ Schrödingeri lainefunktsioon (Ψ)

☐ Heisenbergi määramatuse relatsioon

☐ Fotoefekt

☐ Tunneleefekt

☐ mitte ühtegi eelpoolnimetatud

☐ Other:

Milliseid teemasid kajastatakse seoses tuumafüüsikaga? *

- ☐ Massiarv
- ☐ Isotoobid
- ☐ Massidefekt
- ☐ Seoseenergia
- ☐ Radioaktiivsus
- ☐ Radioaktiivse lagunemise seadus
- ☐ Tuuma- ja ahelreaktsioon
- ☐ Tuumareaktor
- ☐ Tuumade süntees (termotuuma reaktsioon)
- ☐ Termotuuma energeetika
- ☐ Radioaktiivse süsiniku meetod
- ☐ Mitte ühtegi eelpoolnimetatud
- ☐ Other:

Milliseid teemasid kajastatakse seoses elementaariosakestega?

- ☐ Leptonid
- ☐ Kvargid
- ☐ Footonid
- ☐ Gluuonid
- ☐ W^\pm ja Z^0 osakesed (vahebosonid)
- ☐ Antiosakesed, antiaine
- ☐ Tugev väli ja nõrk väli
- ☐ Gravitatsiooniline ja elektromagnetväli
- ☐ Annihiileerumine
- ☐ Mitte ühtegi eelpoolnimetatud
- ☐ Other:

Milliseid teemasid ja mõisteid õpetatakse seoses kiirgustega? *

- ☐ Soojuskiirgus kui elektromagnetiline kiirgus
- ☐ Absoluutselt musta keha kiirgus
- ☐ Stefani – Boltzmanni seadus ($E = \sigma T^4$)
- ☐ Luminestsents
- ☐ Laserite ehitus ja tööpõhimõte
- ☐ α , β ja γ kiirgus
- ☐ Mitte ühtegi eelpoolnimetatud
- ☐ Other:

Milliseid teemasid ja mõisteid õpetatakse seoses relatiivsusteooriaga? *

- ☐ Absoluutne kiirus (valguse kiirus)
- ☐ Relatiivsuspriintiip (Füüsikaliste suuruste (kiirus, pikkus, aeg, mass jne) väärtused on üksteise suhtes liikuvate vaatlejate jaoks erinevad)
- ☐ Aja aeglustumine
- ☐ Pikkuste lühenemine
- ☐ Energia ja massi ekvivalentsus ($E=mc^2$)
- ☐ Mitte ühtegi eelpoolnimetatud
- ☐ Other:

Kas Teie arvates kajatakse kohustuslikus füüsikaõppes piisavalt nüüdisfüüsikat?

